

# Recommandations concernant les bases géotechniques pour les petits ouvrages d'accumulation

**Dr. von Moos AG, Geotechnisches Büro**  
**Beratende Geologen und Ingenieure**  
**CH-8037 Zurich**      [www.geovm.ch](http://www.geovm.ch)

**Markus von Moos**



Photo: G. Paravicini



# **Recommandations concernant les bases géotechniques pour les petits ouvrages d'accumulation**

## **SOMMAIRE:**

- 1 Projet géotechnique**
- 2 Terrain**
- 3 Matériau de remblai**
- 4 Compactage du matériau de remblai**
- 5 Essais en laboratoire / sur le terrain, contrôles**



# Projet géotechnique

## Site du barrage

- lié à l'implantation géographique
- terrain souvent inadéquat
- portance faible, couches susceptibles de se tasser

## Géométrie du barrage

- terrain inadéquat: talus de faible pente
- grands volumes de rétention et de remblai

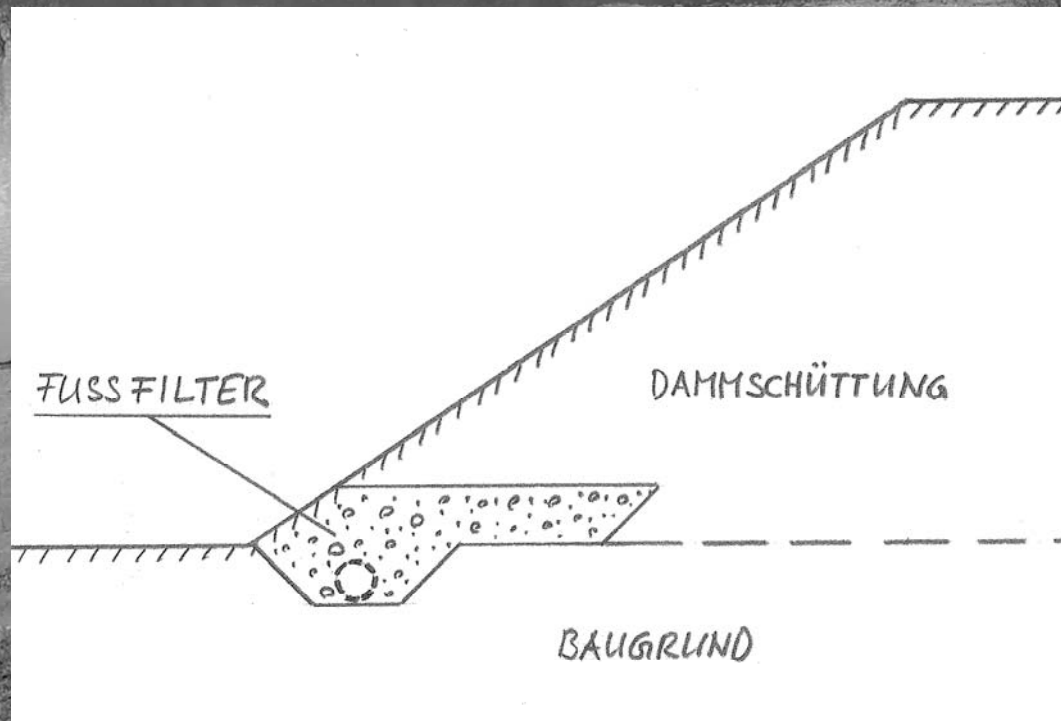
## Conception

- bonne intégration au paysage en raison de la faible pente des talus
- zone boisée: + 3 à 5 m de la coupe nécessaire sur le plan géotechnique
- clarifier l'utilisation agricole de manière détaillée

# Projet géotechnique

## Pied du barrage en aval

- filtre surdimensionné
- drainage pouvant être rincé

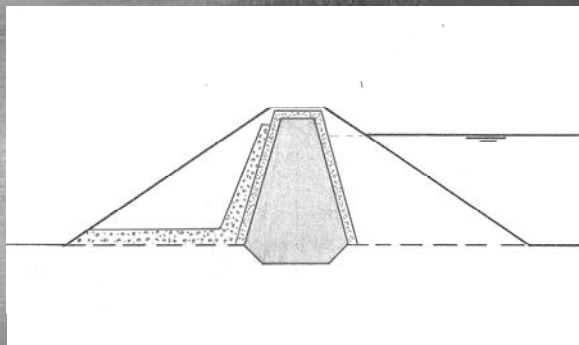




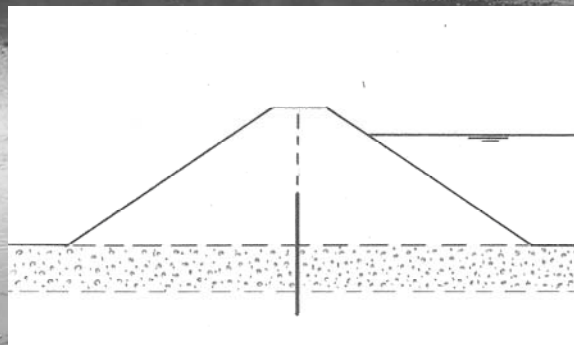
# Projet géotechnique

## Solutions spéciales avec éléments d'étanchéité

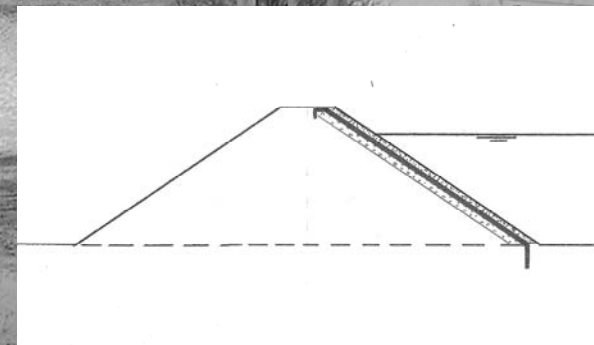
Noyau d'étanchéité



Parafouille



Etanchéification de surface



=> Complexité et faillibilité des caractéristiques techniques pour le raccordement des éléments d'étanchéité à l'ouvrage d'amenée et au sous-sol

=> en règle générale, le barrage en terre homogène constitue la solution la plus «solide» pour les petits ouvrages d'accumulation



# Terrain

## Site

### Examen du terrain:

- portance
- tassement potentiel
- nappe phréatique (aspects de protection des eaux)

### Méthodes de sondages directes (carottage, dragage)

=> contact direct avec le matériau, échantillons pour les analyses en laboratoire

### Méthodes de sondages indirectes (sondage par battage, par compression)

=> compléments, calcul de la compacité, repérage d'un horizon stable



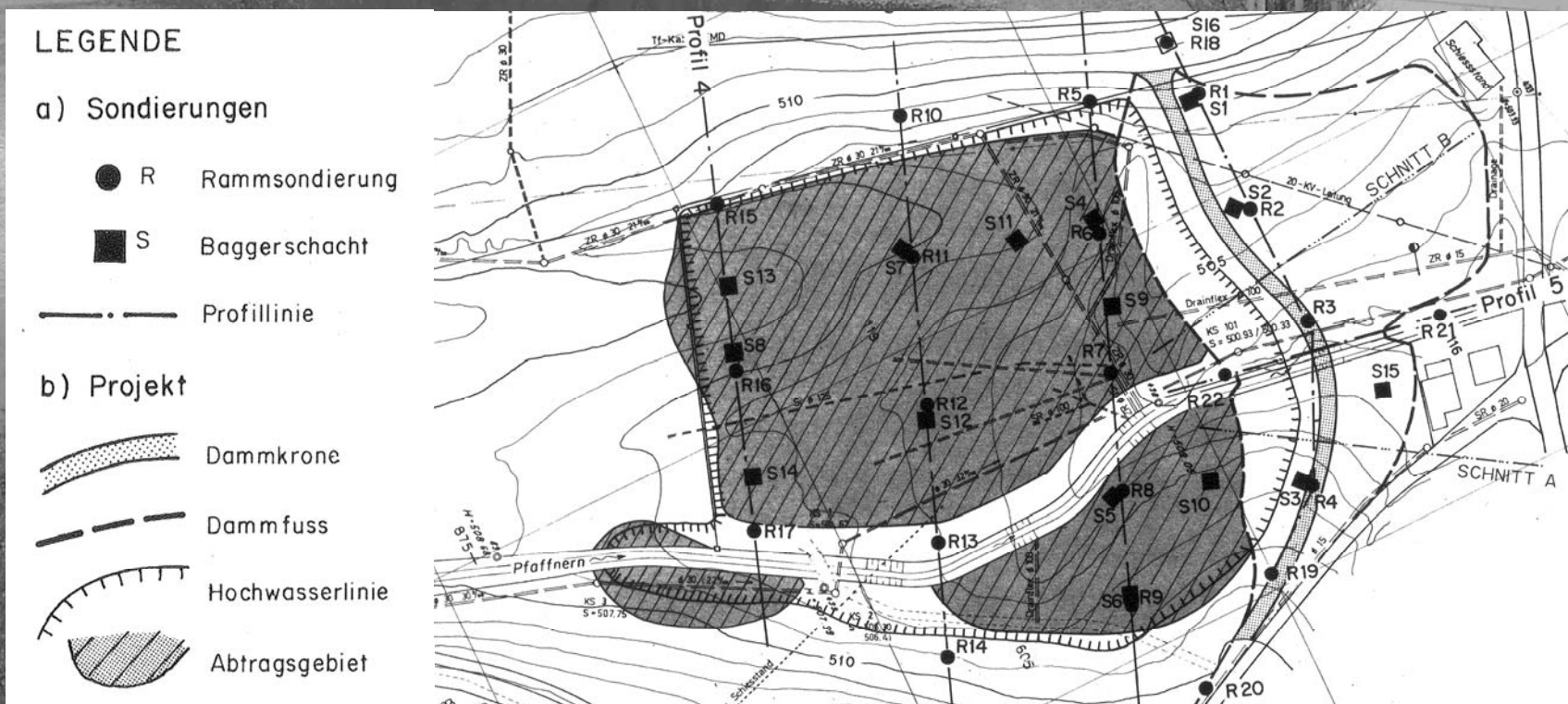


# Terrain

## Bassin de retenue

### Reconnaissance du terrain:

- adéquation du matériau de remblai disponible
- étanchéité du bassin de retenue





# Matériau de remblai

## Homogénéité

Homogénéité des caractéristiques du matériau pour un corps de barrage homogène (coupe nécessaire sur le plan géotechnique):

- **3 à 5** points de prélèvement différents au maximum
- au moins **3000 à 5000 m<sup>3</sup>** (ferme) par point de prélèvement

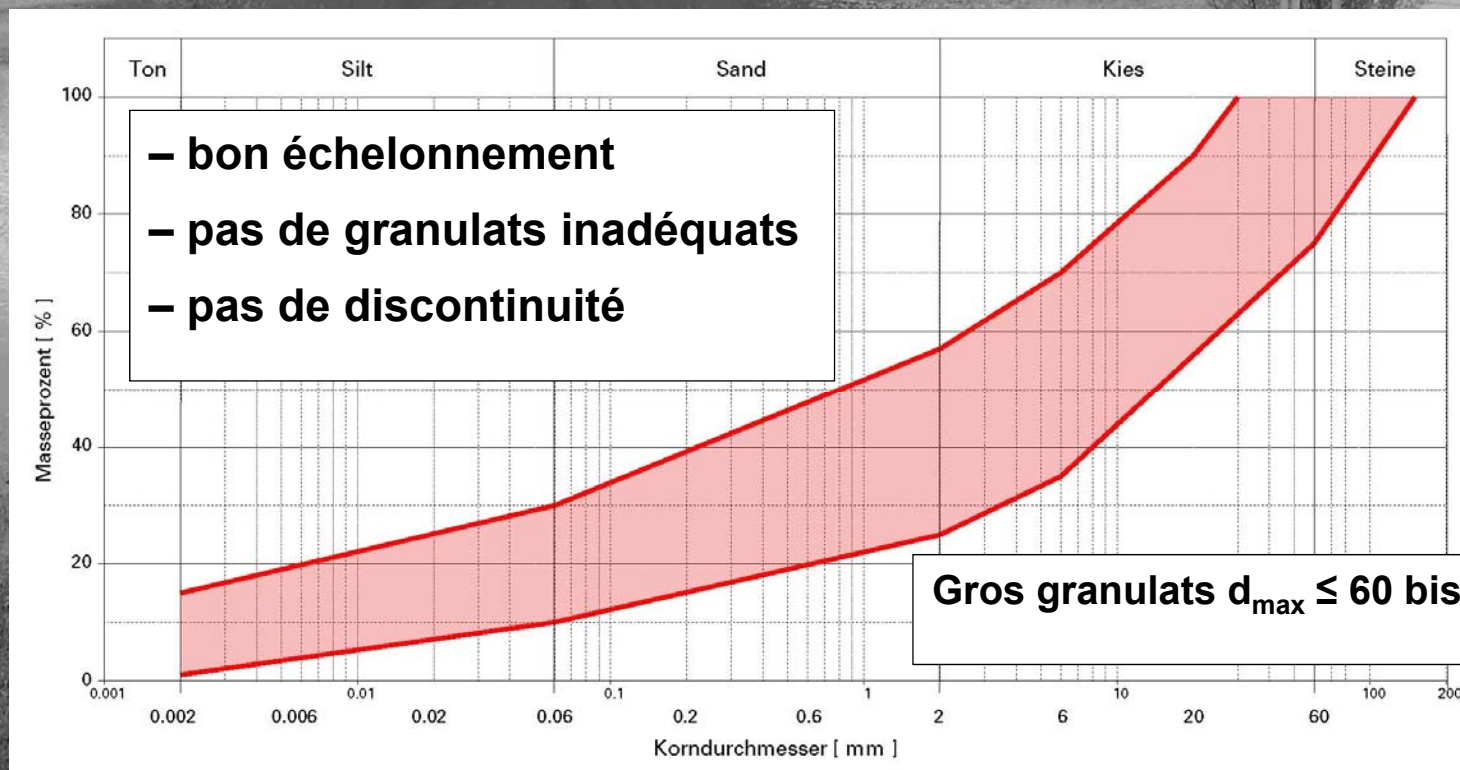




# Matériau de remblai

## Granulométrie

Barrage homogène – adéquation: matériau de type «moraine»  
c.-à-d. gravier sableux avec teneur en limon et en argile (pourcentage de  
granulats fins > 10% de la masse)





# Matériau de remblai

## Additifs organiques

- dans l'idéal, pas d'additifs organiques
- si les additifs organiques sont inévitables:  $\leq 5\%$  de la masse
- dosage: perte au feu (550°C)





# Matériau de remblai

## Perméabilité

Barrage homogène avec mise en eau temporaire:

- corps du barrage  $k \leq 10^{-6}$  à  $10^{-5}$  m/s
- filtre au pied du barrage  $k \geq 10^{-4}$  à  $10^{-3}$  m/s

Barrage homogène avec mise en eau permanente:

=> examiner dans les moindres détails, opter pour une valeur  $k$  10 à 100 x plus petite



# Compactage du matériau de remblai

## Plate-forme, sous-sol naturel

Procédure = f(caractéristiques géotechniques concernant la portance / le tassement)

- 1) Sous-sol sablo-gravilloneux: densification éventuelle après coup du Planum
- 2) Couche moins portante, de faible épaisseur:
  - remplacement du matériau jusqu'à un horizon plus stable
  - stabilisation in situ avec effet en profondeur limité
  - amélioration de la praticabilité: pierre concassée
- 3) Portance moindre jusqu'à une grande profondeur:
  - amélioration du terrain avec effet en profondeur (p. ex. CHS)
  - amélioration de la carrossabilité: pierre concassée

Exigence: module de compression  $M_g \geq 15 \text{ MN/m}^2$



# Compactage du matériau de remblai

## Remblai

- épaisseur maximale de la couche  $D = 20 \text{ à } 40 \text{ cm} \geq 3 \text{ à } 4 \times d_{\max}$
- remblayage à large échelle => augmentation uniforme de la charge
- exigence de compactage:
  - matériau de remblai:  $\gamma_{d,\text{erf}} \geq 95 \% \gamma_{d,\text{max}}$  (selon standard Proctor )
  - plate-forme pour accès de maintenance /couronnement:  $M_E \geq 30 \text{ MN/m}^3$

En cas de non atteinte des valeurs de compactage:

- attendre des conditions météorologiques plus favorables
- laisser sécher le matériau (restructurer)
- stabiliser avec de la chaux
- changer de matériau



# Compactage du matériau de remblai

## Stabilisation

- chaux vive: meilleure maniabilité grâce à la réduction de la teneur en eau (combinaison d'eau et de réchauffage), plutôt pour les matériaux à grain fin
- ciment: outre la réduction de la teneur en eau, accroissement adapté de la résistance, plutôt pour les matériaux granuleux

Produits mixtes courants actuels: test de remblayage recommandés

- contrôles de densification et essais en laboratoire
- conséquences financières => partie intégrante de l'appel d'offres





# Compactage du matériau de remblai

## Engins de compactage

- compacteurs à pieds de moutons: matériaux cohésifs à grain fin



- compacteurs à rouleau lisse (vibrants): matériaux non cohésifs, sablo-gravillonneux



- compacter les surfaces (en pente) à plat pour se protéger des intempéries



# Essais en laboratoire/sur le terrain, contrôles

## Terrain

- essais de pénétration au carottier (SPT)
- sondage au pénétromètre (CPT)
- analyse par tamisage (humide)
- essais de classification
- essais oedométriques
- essais à la boîte de cisaillement





# Essais en laboratoire et sur le terrain, contrôles

**Matériau de remblai** (essais visant à vérifier les prescriptions)

Procédure d'essai **par point de prélèvement** ou **par 3000 m<sup>3</sup>**:

- analyse par tamisage (humide) (courbe de granulométrie)
- essais de classification (teneur en eau  $w$ , limites de consistance  $w_L$ ,  $w_P$ )
- essais de perte au feu (teneur en additifs organiques)
- essais Proctor (essais de compactage standard:  $\gamma_{d,max}$ ,  $w_{opt}$ )
- éventuellement essais de perméabilité (coefficient de perméabilité  $k$ )
- éventuellement essais à la boîte de cisaillement / test de compression uniaxiale (stabilisation)



# Essais en laboratoire/sur le terrain, contrôles

**Compactage** (essais/mesures visant à vérifier les prescriptions)

- mesures à l'aide d'une sonde isotopique (Troxler):  
degré de densification, teneur en eau  
tous les **300 à 500 m<sup>2</sup>** après 2 ou 3 couches 1 mesure avec 10 points de mesure
- essai à la plaque:  
module de compression  
plate-forme de remblai: au moins **3 pces** ou **1 pce par 300 à 500 m<sup>2</sup>**  
couronnement: au moins **3 pces** ou **1 pce par 30 m<sup>2</sup>**
- Détermination de la teneur en eau:  
en complément de la mesure du matériel livré à l'aide d'une sonde isotopique





# Essais en laboratoire et sur le terrain, contrôles

**Compactage** (essais/mesures visant à vérifier les prescriptions)

- **Piézomètre**

surveillance de la pression interstitielle dans le sous-sol à granulométrie fine

**1 à 3 profils de mesure avec 3 à 4 PWDG chacun**

- **Tassomètre**

pour les terrains susceptibles de se tasser

**2 à 3 profils de mesure avec 3 niveaux de tassement chacun**, mesure par m de remblai

- **Nivellement**

de points de mesure sur l'ouvrage d'amenée, cheminées de contrôle, couronnement

**Mesurage par mètre de remblai sur toute la durée de la construction**